(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

Produktionsanalysen am Periphyton im Schilfgürtel des Neusiedler Sees

Von U. SOMMER

Mit 12 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung der math.-naturw. Klasse am 9. März 1978
durch das w. M. W. KÜHNELT]

Publikation Nr. 31 im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms (IBP).

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung

Im Rahmen des IBP (Internationales biologisches Programm) war der Neusiedler See Gegenstand zahlreicher produktionsbiologischer Untersuchungen. Die Produktion des Schilfs wurde von BURIAN (1967, 1969, 1971, 1972, 1973), GEISSELHOFER & BURIAN (1970), HÜBL (1966), KREJCI (1974), SIEGHARDT (1973 a, 1973 b), 1974), TUSCHL (1970) und WEISSER (1973) untersucht, die Produktion der außerhalb des Schilfgürtels wachsenden Makrophyten von SCHIEMER & WEISSER (1972), die Produktion der innerhalb des Schilfgürtels wachsenden Utricularia von DRAXLER (1973) und MAIER (1973, 4 Arbeiten). Über die Produktion des Planktons liegen Untersuchungen von DOKULIL (1973 a, 1973 b, 1975) vor. Derselbe Autor untersuchte auch die bakterielle Produktion im Neusiedler See (DOKULIL 1975 c).

Die Produktion des Periphytons wurde bisher nicht untersucht, daher sollte mit dieser Arbeit versucht werden, diese Lücke zu schließen.

1.1. Standort

Sämtliche in dieser Arbeit vorgestellte Untersuchungen wurden in der Nähe der inzwischen abgerissenen Außenstelle des burgenländischen Landesmuseums in Schilfgürtel der Ruster Bucht durchgeführt. Die einzelnen Stellen wurden entweder von einem Holzsteg aus oder mit dem Boot erreicht.

Über den Neusiedler See liegen bereits zahlreiche eingehende Beschreibungen vor (u. a. DOKULIL 1974, LÖFFLER 1974, RUTTNER & RUTTNER-KOLISKO 1959). Bezüglich des Chemismus sei auf die Arbeiten von DOKULIL (1974), NEUHUBER (1971) und STEHLIK (1972) hingewiesen, bezüglich des Lichtklimas auf DOKULIL (1975 b) und PANTOSCH (1973). Die Besonderheiten des Schilfgürtels und deren Zusammenhang mit der Seetrübe sind bei LÖFFLER (1974, S. 17–43) dargestellt.

1.2. Das Periphyton

1.2.1. Definition

Der Begriff Periphyton bezeichnet die Summe der Mikroorganismen, die freie Oberfläche unter Wasser bewachsen. In der Literatur werden synonym auch die Begriffe „Aufwuchs", „Bewuchs" und „Benthos" verwendet. Letzterer wird allerdings oft auch auf den Aufwuchs des Gewässergrundes eingeschränkt. SLADEČEKOVA (1962) unterscheidet die Begriffe „echtes Periphyton" (festgewachsene Organismen) und „unechtes Periphyton" (nicht festgewachsen). In allen mir zugänglichen Arbeiten wird jedoch die Produktion beider gemeinsam gemessen.

Das Periphyton setzt sich aus Organismen unterschiedlicher Stellung in der Nahrungskette zusammen. Es enthält Algen, Tiere, Pilze und Bakterien, also Primärproduzenten, Konsumenten und Destruenten.

Eine Trennung dieser Typen ist bei Produktionsuntersuchungen unter natürlichen Bedingungen nicht möglich, das Periphyton muß folglich als Einheit betrachtet werden.

Bei der mikroskopischen Betrachtung des Periphytons vom Neusiedler See fällt insbesondere in den Herbstmonaten ein hoher Detritusanteil auf.

1.2.2. Jahreszeitliche Veränderungen der Zusammensetzung des Periphytons

Die Zusammensetzung des Periphytons variiert sowohl standörtlich als auch jahreszeitlich, in geringerem Ausmaß aber auch von Jahr zu Jahr. In den Jahren 1974, 1975 und 1976 zeigte sich eine im großen und ganzen übereinstimmende, regelmäßige Abfolge verschiedener Zusammensetzungstypen.

Im Winter wird das Periphyton fast ausschließlich von Kieselalgen gebildet, unter denen *Gomphonema* (mehrere sp.) mit mehr als 80 % dominiert. Der Anteil dieser Gattung geht in den Monaten März und April zurück, weiterhin blieben die Kieselalgen dominant: *Epithemia argus KÜNTZ*, *Navicula* (mehrere sp.), *Synedra* (mehrere sp.), *Bacillaria paradoxa GMEL.* Ab Mai setzt dann verstärktes Grünalgenwachstum ein, die ihrerseits von Kieselalgen bewachsen werden. Die Gattungen *Cladophora* und *Spirogyra* sind die Hauptträger des sommerlichen Produktionsmaximums. Parallel zur sommerlichen Zunahme der Algenbiomasse konnte auch eine Zunahme der Tiere festgestellt werden, darunter vor allem Ciliaten, Rotatorien und Nematoden. Im August setzte in Tiefen unter 20 cm und in besonders dichten Schilfbeständen ein forciertes Wachstum der Blaualgen *Oscillatoria* und *Lyngbia* (jeweils mehrere sp.) ein. Ebenso stieg im August der Anteil der Bakterien und Pilze an.

Mit dem Zusammenbruch des sommerlichen Grünalgenmaximums im September kommt es zu einem Vorherrschen von Blau- und Kieselalgen. In Tiefen unter 20 cm dominieren die Blaualgen *Oscillatoria* und *Lyngbya*, im dichten Schilfbestand halten sich über 20 cm Blau- und Kieselalgen die Waage, im aufgelockerten Bestand herrschen Kieselalgen vor. Im Oktober 1975 dominierten unter diesen *Bacillaria paradoxa*. Die Biomasse der Algen sinkt im Herbst rasch ab, ab Ende Oktober waren nur noch wenige Algen unter dem Detritus zu sehen. Ab Dezember stellt sich dann wieder der Winteraspekt ein.

Diese Beschreibung kann sicher nicht für den gesamten Schilfgürtel gelten, sondern nur für die untersuchten Standorte. Zur Algenflora des

Neusiedler Sees siehe GEITLER (1970), HUSTEDT (1959), KUSEL-FETZMANN (1974), LOUB (1955), PANTOCSEK (1912), SCHIEMER, LÖFFLER & DOLLFUSS (1969) und SCHMID (1973).

2. Methodik

Im Vergleich zur Produktionsforschung am Plankton existiert relativ wenig Literatur über die Untersuchung der Produktion des Periphytons. Wenn auch die Untersuchungsmethoden den für das Plankton geeigneten relativ ähnlich sind, so ergeben sich doch aus den besonderen Bedingungen im Aufwuchs gewisse Modifikationen und Erschwernisse. Einen umfassenden Überblick über die Literatur zur Periphytonproduktion geben LUND & TALLING (1957), SLADEČEKOVA (1962), VOLLENWEIDER (1969) und WETZEL (1965). Die in der Literatur vorgefundenen Methoden lassen sich grob in drei Gruppen einteilen:

1. Biomassemethoden
   - Gewichtsbestimmung (Frischgewicht, Trockengewicht, aschenfreies Trockengewicht) SLADEČEK & SLADEČEKOVA (1964), MACILEK & KENNEDY (1964)
   - Bestimmung des Chlorophyllgehaltes
   - Oxidation MACIOLEK (1962)
2. Gaswechselmethoden
   - Bestimmung der Sauerstoffabgabe ASSMAN (1951, 1953), PIECZYNSKA (1965, 1968)
   - Bestimmung der CO_2-Aufnahme mit Hilfe von ^{14}C WETZEL (1964)

Allerdings wird mit der ^{14}C-Methode bloß die in den Organismen vorhandene Substanz erfaßt. Die Ausscheidung gelöster organischer Substanzen führt daher zu einer Unterschätzung der Produktion. FOGG (1969) nimmt daher an, daß mit der Sauerstoffmethode verläßlichere Produktionsdaten gewonnen werden können.

Zur Bestimmung der Produktion genügt keinesfalls die Feststellung der zu einer bestimmten ,,Erntezeit" vorhandenen Biomasse. Produktion und Abbau durch Tierfraß, Abschwemmung, Tod und Dekomposition finden parallel statt, die Biomasse ist das Resultat der aufbauenden und abbauenden Prozesse und sagt über deren quantitative Relation nichts aus. Die Änderung der Biomasse ist das Ergebnis folgender Prozesse:

Biomassenvergrößernde Prozesse:

1. Bruttoprimärproduktion der Algen (und, falls vorhanden, auch der primärproduzierenden Bakterien): Assimilation von CO_2, Nitrat, Phosphat und anderen mineralischen Elementen.

2. Ansiedlung ursprünglich freischwebender Organismen (z. B. Schwärmsporen) im Periphyton.
3. Aufnahme gelöster organischer Substanz aus dem Wasser (zur Aufnahme organischer Substanz durch Algen siehe FOGG 1958, 1962 und SAUNDERS 1957).
4. Aufnahme der an die Seetrübe adsorbierten organischen Substanzen (das gilt insbesondere für den seeseitigen Schilfrand).

Biomassenvermindernde Prozesse:
1. Respiration der Primärproduzenten.
2. Respiration der Konsumenten.
3. Tod: abgestorbene Organismen verbleiben zunächst innerhalb des Periphytons und dienen den Destruenten als Nahrung. Sie bilden als Detritus weiterhin einen Bestandteil der gemessenen Biomasse, Biomassenverluste ergeben sich erst durch die Respiration der Destruenten.
4. Verlust durch Tierfraß (Schnecken, Kaulquappen, Fische etc.).
5. Verlust durch Abschwemmung: am größten am seeseitigen Schilfrand und am Rand von Kanälen, im windgeschützten Inneren des Schilfgürtels sind nur sehr geringe Wasserbewegungen gegeben.
6. Abgabe gelöster organischer Substanz (vergl. FOGG 1958, 1962, FOGG & WATT 1965 und SAUNDERS 1957).
7 Abgabe von Schwärmsporen.

Alle diese Prozesse resultieren gemeinsam in der Änderung der Biomasse. Bisher sind in der Literatur keine Methode und keine Kombination von Methoden angegeben, die in der Lage wären, alle diese Prozesse unter natürlichen Bedingungen getrennt zu erfassen.

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Kombination von Sauerstoff- und Biomassenmethode gewählt. Aus methodischen Gründen erstreckten sich die angeführten Untersuchungen nur auf den Aufwuchs an Schilfhalmen. Das zweite im Schilfgürtel in Frage kommende Substrat, Utricularia, setzt wegen seiner Brüchigkeit und Feingliedrigkeit der quantitativen Trennung von Substrat und Periphyton unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Die Biomasse wurde als Trockengewicht bestimmt.

Die Sauerstoffbestimmungen wurden am natürlichen Substrat vorgenommen. Um die Schwierigkeiten der Trennung des Gaswechsels von Aufwuchs und Substrat zu umgehen, wurden (mit Ausnahme der in Abschnitt 4.1.1. dargestellten Untersuchung) nur abgestorbene Schilfhalme herangezogen. Eine ununterbrochene Exposition von 24 Stunden war mit Ausnahme einiger Messungen im Winter wegen der Gefahr von O_2-Übersättigung und CO_2-Defizit unmöglich. Daher mußte eine Küvette konstruiert werden, die es erlaubte, den Wasserinhalt auszutauschen und die zur Sauerstoffbestimmung benötigte Was-

sermenge zu entnehmen, ohne die Küvette aus ihrer Lage zu entfernen. Der Wasseraustausch erfolgte mittels Durchpumpen, die Wasserentnahme wurde mit einer Injektionsspritze durchgeführt. Die Küvette ist auf Abb. 1 dargestellt.

Da mit der Injektionsspritze nur geringe Wassermengen entnommen werden können, muß zur Sauerstoffbestimmung eine Mikrovariante der Methode nach WINKLER herangezogen werden. Die Bildung des $Mn(OH)_2$-Niederschlags, dessen Oxidation und die Freisetzung des Jod erfolgt noch in der Injektionsspritze, in die die Reagenzien ($MnCl_2$-Lösung, NaOH + KJ-Lösung, HCl) nachgezogen

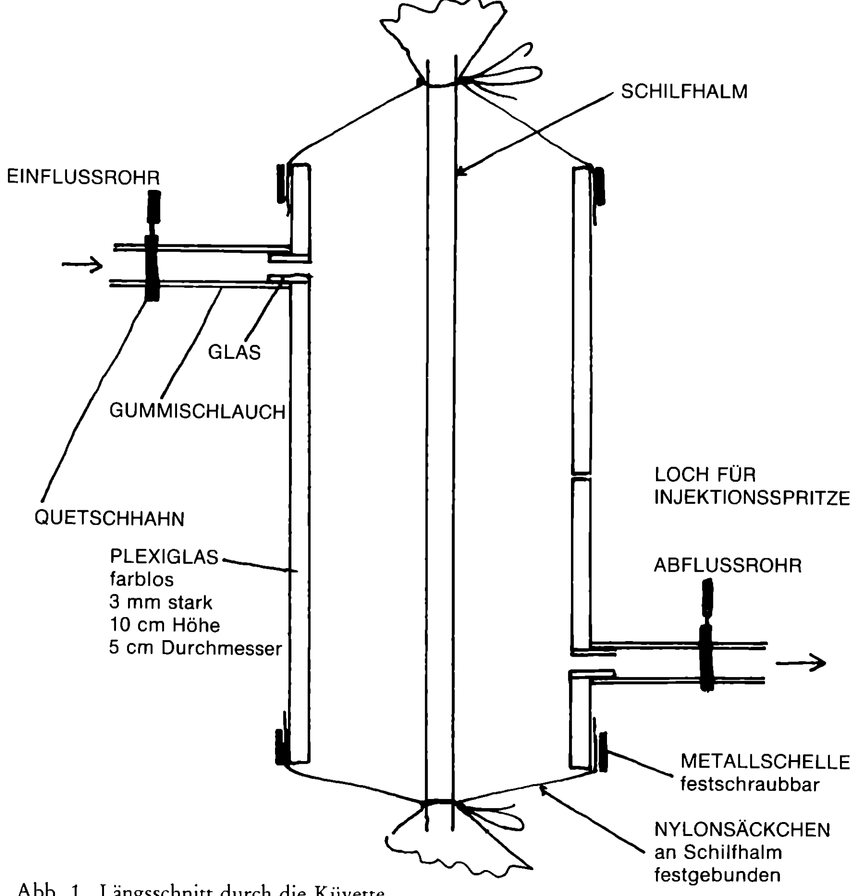


Abb. 1. Längsschnitt durch die Küvette.

werden. Die Titration des Jod erfolgte mit einer 0,05 n-$Na_2S_2O_3$-Lösung, die aus einer Desaga-Mikrometerdosierspritze zugegeben wurde.

Unter den gegebenen Bedingungen konnte eine Meßgenauigkeit von zirka 10,6 mg $C_6H_{12}O_6/m^2$ Substratoberfläche/Stunde bei 2 h Expositionszeit erreicht werden, bei 6 h Expositionszeit waren es 0,5 mg. $m^{-2}.h^{-1}$.

Definition der Produktionsgrößen

Die mit der Mikrowinklermethode ermittelten Werte für die Freisetzung von Sauerstoff wurden in Werte für Hexoseproduktion umgerechnet. Dieser Umrechnung wurde folgende Formel zugrunde gelegt:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Die in der vorliegenden Arbeit angegebenen Werte sind durchwegs Nettowerte. Da auf die Verwendung von Dunkelflaschen verzichtet wurde, konnten keine Bruttowerte ermittelt werden.

Im folgenden sollen die in der Arbeit angeführten Größen definiert werden:

Produktion:

P_h: Stundenproduktion pro Substratoberfläche

$$\frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{m^2\ Substrat\quad h}$$

P_d: Tagesproduktion pro Substratoberfläche

$$\frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{m^2\ Substrat\quad d}$$

P_y: Jahresproduktion pro Substratoberfläche

$$\frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{m^2\ Substrat\quad y}$$

P'_d: Tagesproduktion pro Wasserfläche

$$\frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{m^2\ Wasser\quad d}$$

P'_y: Jahresproduktion pro Wasserfläche

$$\frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{m^2\ Wasser\quad y}$$

Biomasse:

B: Biomasse pro Substratoberfläche

$$\frac{g\ Trockengewicht}{m^2\ Substrat}$$

B': Biomasse pro Wasserfläche

$$\frac{g\ Trockengewicht}{m^2\ Wasser}$$

Produktivität: Produktion pro Biomasse, mit Ausnahme von Untersuchung 4.1.1. immer Tagesproduktion/Biomasse

$$pr: \frac{mg\ C_6H_{12}O_6}{g\ TG\ \ d}$$

Die in den Tabellen und Kurven angegebenen Werte sind Durchschnittswerte aus 5 Messungen. Die Standardabweichung betrug meistens zwischen 15 und 20 %.

3. Ergebnisse

3.1. Vorversuche

3.1.1. Vergleich von lebenden und abgestorbenen Schilfhalmen

Im Rahmen der Voruntersuchungen sollte die Frage geklärt werden, ob Unterschiede in den Produktionswerten und Biomassewerten zwischen Periphyton auf lebenden und auf abgestorbenen Schilfhalmen bestehen. Für diese Untersuchung standen nur Küvetten zur Verfügung, die keinen Wasseraustausch ermöglichten. Es war daher nur eine einmalige Exposition möglich, und es konnte kein Tagesgang der Produktion ermittelt werden. Die Exposition dauerte von 11 bis 13 Uhr.

Der Untersuchungsstandort wies aufgelockerten Schilfbestand auf (zirka 45 Halme, m^{-2}) und lag am Rande eines Kanals in der Nähe der Außenstelle Rust des Burgenländischen Landesmuseums. Die Küvetten wurden in einer Tiefe von 5 bis 15 cm angebracht. Das Periphyton wurde für die Trockengewichtsbestimmung genau von jenen Halmabschnitten genommen, an denen die Küvetten angebracht waren.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Die Untersuchung ergab eine größere Biomasse und Produktion des Aufwuchses an abgestorbenen Halmen und eine größere Produktivität an lebenden Halmen. Im Laufe des Jahres verringerten sich jedoch die Unterschiede, im August wurden annähernd gleiche Werte erreicht.

Tabelle 2. Produktion, Biomasse und Produktivität des Periphytons auf lebenden und abgestorbenen Schilfhalmen.

Tag	lebende Halme			tote Halme		
	B	P_h	pr*	B	P_h	pr*
19. 4. 1974	3,2	38,8	12,0	6,8	58,4	8,6
13. 5. 1974	7,3	108,4	14,9	13,1	152,0	11,5
16. 6. 1974	19,7	257,9	13,1	28,3	299,0	10,6
15. 7. 1974	35,1	227,4	6,5	42,4	256,5	6,1
13. 8. 1974	43,4	214,1	4,9	44,8	217,6	4,9
8. 9. 1974	35,9	107,6	3,0	35,3	106,5	3,0

Im Gegensatz zu allen anderen Untersuchungen bedeutet pr hier Produktion/Biomasse Stunde mg g^{-1}. h^{-1}

3.1.2. Vergleich verschiedener Standorte

Der Schilfgürtel ist keine homogene Fläche und bietet keine einheitlichen Lebensbedingungen für das Periphyton. Unterschiede bestehen hinsichtlich:

- der Entfernung vom offenen See: je näher ein Standort am seeseitigen Schilfrand liegt, desto größer ist der Einfluß des Windes und der Seetrübe;
- der Wassertiefe;
- der Schilfdichte: Mit unterschiedlicher Schilfdichte sind auch unterschiedliche Lichtverhältnisse für das Periphyton gegeben;
- darüber hinaus bewirken die künstlichen Kanäle, natürliche schilffreie Flächen und der Schilfschnitt eine weitere Differenzierung des Lebensraums.

Da aus arbeitstechnischen Gründen die Anwendung der Sauerstoffmethode an allen unterschiedlichen Standorttypen nicht möglich war, wurde ein Vergleich der Biomassen durchgeführt.

Beschreibung der untersuchten Standorte:

1. Seeseitiger Schilfrand in der Ruster Bucht, Schilfdichte 140 Halme. m^{-2}, Tiefe ca. 70 cm.
2. Schilfgürtelinneres, nahe der Außenstelle des Burgenländischen Landesmuseums, Schilfdichte 90 Halme m^{-2}, Tiefe ca. 60 cm.
3. Rand eines Kanals, nahe der Außenstelle des Burgenländischen Landesmuseums, Schilfdichte 46 Halme m^{-2}, Tiefe 60 cm.
4. Rand eines Kanals, nahe der Außenstelle des Burgenländischen Landesmuseums, Schilfdichte 155 Halme . m^{-2}, Tiefe ca. 40 cm.
5. Dichter Schilfbestand nahe der Straße von Rust zum See, Schilfdichte ca. 270 Halme, Tiefe ca. 30 cm.

Für die Biomassebestimmung wurde ausschließlich das Periphyton auf abgestorbenen Halmen herangezogen.

Die Entwicklung der Biomassewerte bezogen auf Substratoberfläche ist auf den Abbildungen 2–6 dargestellt.

Aus diesen Werten läßt sich eine deutliche Rangfolge der verschiedenen Standorte ablesen:

Die Biomasse pro Substratoberfläche ist am Standort 1 (Schilfrand) am größten. Dnach ergibt sich eine Abfolge umgekehrt zur Schilfdichte: StO 3 (46 Halme . m^{-2}) – StO 2 (90 Halme m^{-2}) – StO 4 (155 Halme m^{-2}) – StO 7 (270 Halme . m^{-2}). Da sich diese Standorte jedoch nicht nur hinsichtlich ihrer Schilfdichte, sondern auch in bezug auf andere Eigenschaften voneinander unterscheiden, lassen sich aus diesen Werten noch keine definitiven Aussagen über den Zusammenhang von Schilfdichte und Produktion gewinnen, wenn es auch offensichtlich ist, daß mit höherer Schilfdichte schlechtere

g . m⁻²
Standort 1
50
40
30
20
10
0–20 cm
20–40 cm
A M J J A S O N

Abb. 2. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.1.2.).

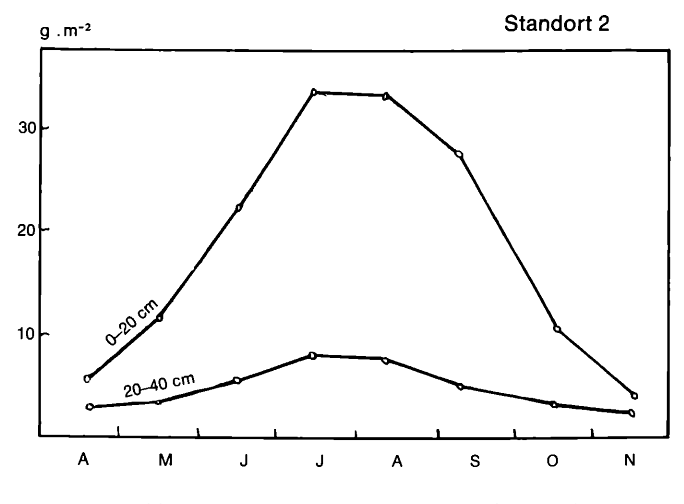


Abb. 3. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.1.2.).

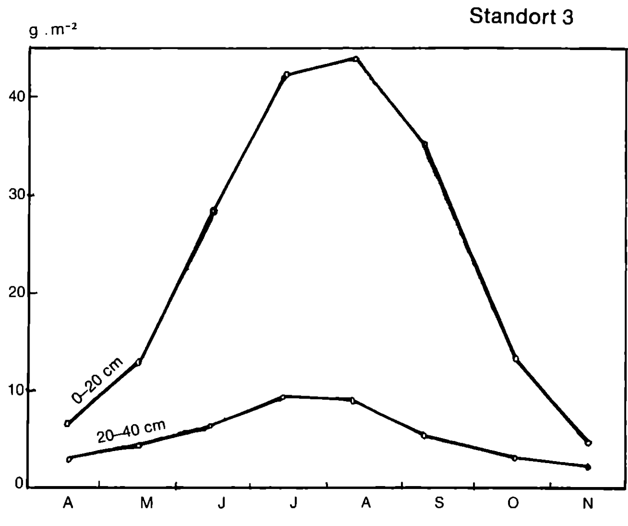


Abb. 4. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.1.2.).

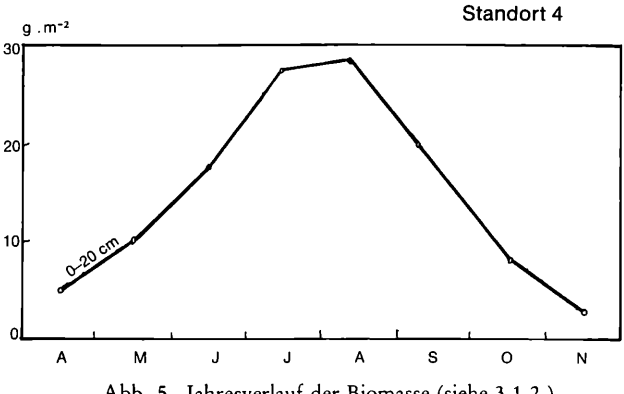


Abb. 5. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.1.2.).

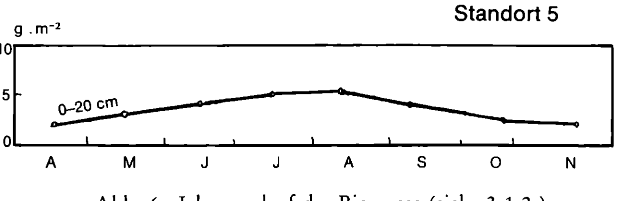


Abb. 6. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.1.2.).

Lichtverhältnisse und damit wahrscheinlich niedrigere Produktion gegeben sind. Die Bevorzugung des Standortes 1, der trotz einer Schilfdichte von 140 Halmen pro m² an der Spitze liegt, dürfte durch die stärkere Auswirkung der Düngung durch die Seetrübe am Schilfrand verursacht sein.

In Abb. 7 sind die Werte der Biomasse pro Wasserfläche für einige Untersuchungstermine angegeben. Diese Werte beziehen sich nicht auf die gesamte Aufwuchsbiomasse unterhalb 1 m² Wasseroberfläche, sondern nur auf die Biomasse in jeweils 20 cm dicken Wasserschichten von 0 bis 20 cm und von 20 bis 40 cm. Die Biomasse konnte nicht bis zum Grund hinab bestimmt werden, da die starke Verschlammung der grundnahen Halmabschnitte eine Trennung von Schlamm und Aufwuchs unmöglich machte. Da nur abgestorbene Halme zur Biomassenbestimmung herangezogen wurden, sind die Werte bis Juli etwas zu hoch (siehe 3.1.1., der Anteil der abgestorbenen Halme war an allen Standorten größer als ²/₃).

3.2. Hauptversuche

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, an ausgewählten Standorten den Jahresverlauf der Produktion, Biomasse und Produktivität des Periphytons zu untersuchen. Alle Standorte lagen in unmittelbarer Nähe der (inzwischen abgerissenen) Außenstelle des Burgenländischen Landesmuseums im Schilfgürtel nahe der Ruster Bucht. Da die Auswahl der Standorte notwendigerweise eingeschränkt war (im Sommer waren für jeden 24-Zyklus 250 einzelne Sauerstoffmessungen nötig!) und sicherlich nicht die gesamte Vielfalt der verschiedenen Standorte im Schilfgürtel erfassen konnte, sind die in Abschnitt 3.1. und 3.2.1. dargestellten Untersuchungen als Ergänzung mitzuberücksichtigen.

3.2.1. Der Zusammenhang zwischen Schilfdichte und Produktion

Bereits die in Abschnitt 3.1.2 dargestellte Untersuchung legte die Vermutung eines Einflusses der Schilfdichte auf die Periphytonproduktion nahe. Um diese Frage zu klären wurde am 16./17. Juli 1975 ein Vergleich der Produktion und der Produktivität des Periphytons von 5 Standorten durchgeführt, die sich nur hinsichtlich der Schilfdichte voneinander unterschieden (Schilfdichten von 23 bis 290 Halmen pro m²).

Da diese Untersuchung bereits gesondert publiziert wurde (SOMMER, 1976), soll hier nur eine kurze Zusammenfassung ihrer Ergebnisse gegeben werden:

1. Die Produktion pro Substratoberfläche sinkt mit steigender Schilfdichte.

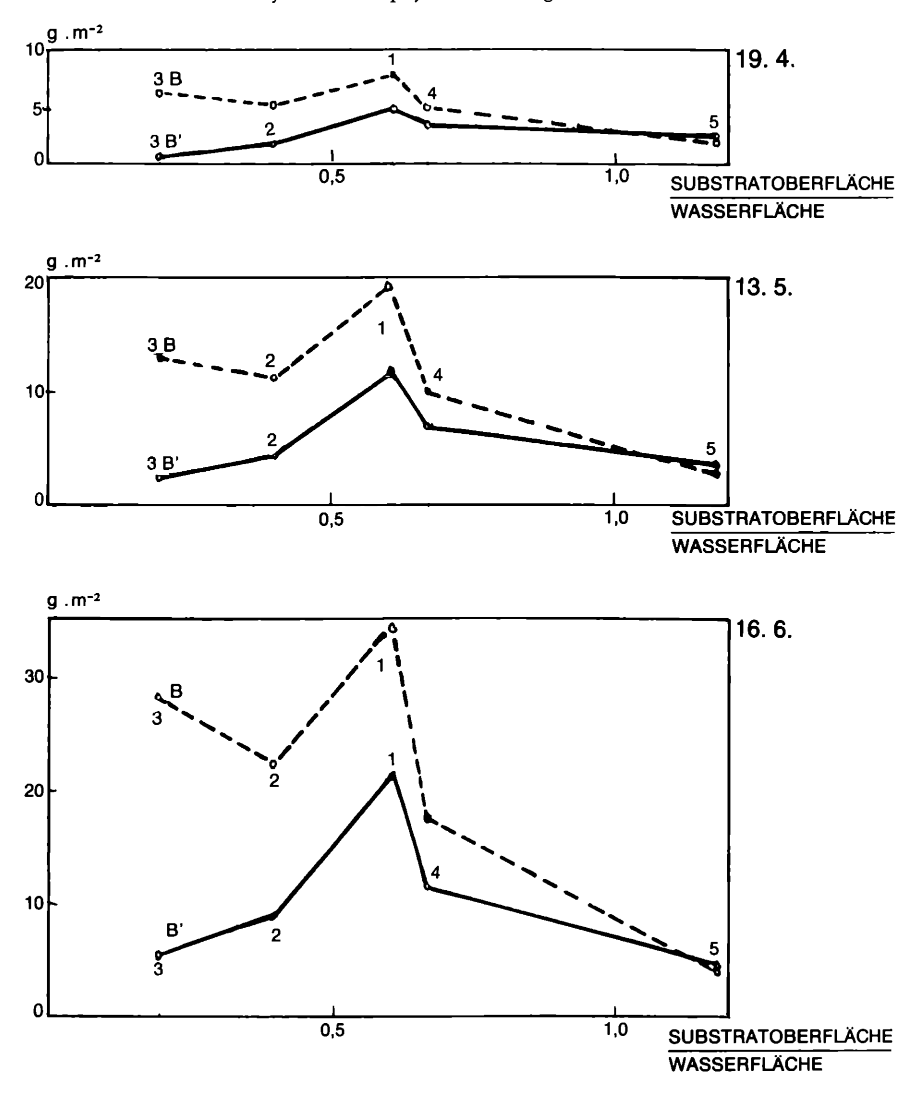


Abb. 7. Siehe in Text 3.1.2.

2. Die Produktion pro Wasserfläche nimmt mit steigender Schilfdichte zunächst bis zu einer optimalen Dichte (im Fall dieser Untersuchung etwa im Bereich der Dichte des Standortes mit 159,5 Halmen pro m^{-2}) zu, um danach wieder zu sinken.
3. Die Produktivität sinkt mit steigender Schilfdichte.
4. Die Biomasse pro Substratoberfläche sinkt mit steigender Schilfdichte.
5. Die Biomasse pro Wasserfläche nimmt mit steigender Schilfdichte zunächst bis zu einer optimalen Dichte (169,5 Halme pro m^{-2}) zu, um danach wieder zu sinken.

Für die Einschätzung der Gesamtproduktion (siehe dazu Abschnitt 4.1.) sind vor allem die Standorte mit 169,5 und 290 Halmen pro m^2 bedeutungsvoll. Der erste ist mit Position III der in Abschnitt 3.2.2. dargestellten Untersuchung identisch, der zweite liegt im Bereich der durchschnittlichen Schilfdichte. An diesem Standort betrug die Produktion bezogen auf Wasserfläche 58,3 % des Maximalwerts. Aus dem Vergleich der beiden Standorte, an denen ganzjährig die Produktion untersucht wurde (47,8 und 169,5 Halme pro m^{-2}, siehe dazu Abschnitt 3.2.2.), ergibt sich, daß die Verhältnisse vom 16./17. Juli repräsentativ für die Jahresproduktion sind.

3.2.2. Produktion, Biomasse und Produktivität des Periphytons vom 11. Jänner 1975 bis 30. März 1976

Für diese Untersuchung wurden der Tagesverlauf der Nettoproduktion, die Biomasse und die Produktivität des Periphytons an drei verschiedenen Positionen bestimmt. Pro Position wurde die Untersuchung an 5 Schilfhalmen durchgeführt. Es wurde ausschließlich der Aufwuchs auf abgestorbenen Schilfhalmen berücksichtigt.

Beschreibung der 3 Positionen:

Position I: Schilfdichte 47,8 $Halme.m^{-2}$ (Stand vom 16. Juli).
Verhältnis Substratoberfläche: Wasserfläche 0,1066 1;
Tiefe 5–15 cm.

Position II: identisch mit I, Tiefe jedoch 25–35 cm.

Position III: Schilfdichte 169,5 $Halme.m^{-2}$
Verhältnis Substratoberfläche: Wasserfläche 0,3087 1;
Tiefe: 5–15 cm.

Der Jahresverlauf der Biomasse pro Substratoberfläche ist auf Abb. 8, der Jahresverlauf der Tagesproduktion pro Substratoberfläche auf Abb. 9 dargestellt, die Biomasse- und Produktionswerte pro Wasserfläche sind Tab. 3 zu entnehmen.

In den Abb. 10–12 werden einander die Produktivität und der prozentuelle Zuwachs der Biomasse pro Tag gegenübergestellt, wobei erwartungsgemäß der Verlauf beider Kurven im großen und ganzen

übereinstimmen. Mit wenigen Ausnahmen, die wegen der nichtsignifikanten Biomassenunterschiede im Spätherbst und Winter nur Zufallsergebnisse sein dürften, liegendie Produktivitätswerte über denen des relativen Biomassenzuwachses. Daraus läßt sich schließen, daß das Periphyton mehr organische Substanz nach außen abgibt als es zugeführt erhält.

Tabelle 3. Tagesproduktion pro Wasserfläche (P'_d) und Biomasse pro Wasserfläche (B') vom 11./12. 1. 1975 bis zum 12./13. 1. 1976.

Position	I		II		III	
	P'_d mg.m^{-2}.d^{-1}	B' g.m^{-2}	P'_d	B'	P'_d	B'
11./12. 1.	6,03	0,48	0,75	0,28	9,15	1,11
23./24. 2.	3,77	0,52	0,59	0,25	7,11	1,12
15./16. 3.	5,53	0,58	1,39	0,27	9,45	1,37
15./16. 4.	14,61	0,72	3,25	0,38	20,70	1,67
10./11. 5.	73,38	1,29	4,92	0,41	76,06	2,43
22./23. 5.	110,61	1,98	7,16	0,47	137,95	3,33
9./10. 6.	72,40	3,00	5,32	0,54	123,65	4,29
22./23. 6.	174,26	3,79	9,12	0,57	227,02	5,77
15./16. 7.	89,12	5,20	6,91	0,70	141,21	8,77
13./14. 8.	28,93	5,74	1,95	0,72	28,88	9,20
9./10. 9.	–28,88	3,76	–1,59	0,54	–35,15	6,56
8./ 9. 10.	–14,26	2,69	–1,15	0,48	–9,50	4,33
30./31. 10.	1,56	0,85	–0,28	0,27	–1,74	1,86
27./28. 11.	0,72	0,49	–	0,25	1,55	1,09
20./21. 12.	0,23	0,43	–	0,26	0,43	1,07
12./13. 1.	5,04	0,46	0,70	0,29	7,71	1,09
21./22. 2.	4,12	0,47	0,61	0,25	7,00	1,08
29./30. 3.	6,60	0,60	2,09	0,34	11,85	1,44

Anmerkung: Die Biomasse und Produktion pro Wasserfläche beziehen sich nicht auf den gesamten Raum unterhalb von 1 m² Wasseroberfläche, sondern nur auf die den jeweiligen Positionen entsprechenden Tiefenschichten von 10 cm Dicke.

3.2.3. Schätzung der Jahresproduktion

Die Produktion im Zeitabschnitt von einem Versuchstermin bis zum nächsten wurde nach der Formel

$$\text{Produktion}_{1\text{-}2} = \frac{\text{Tagesproduktion}_1 + \text{Tagesproduktion}_2}{2} \times \text{Zahl der Tage}$$

berechnet. Die Jahresproduktion ist dann die Summe der Produktionswerte der einzelnen Abschnitte.

Diese Berechnung macht die Voraussetzung, daß die meteorologischen Bedingungen an den Versuchstagen auch einigermaßen repräsentativ für die Zeit dazwischen sind. Die für die Periphytonproduktion

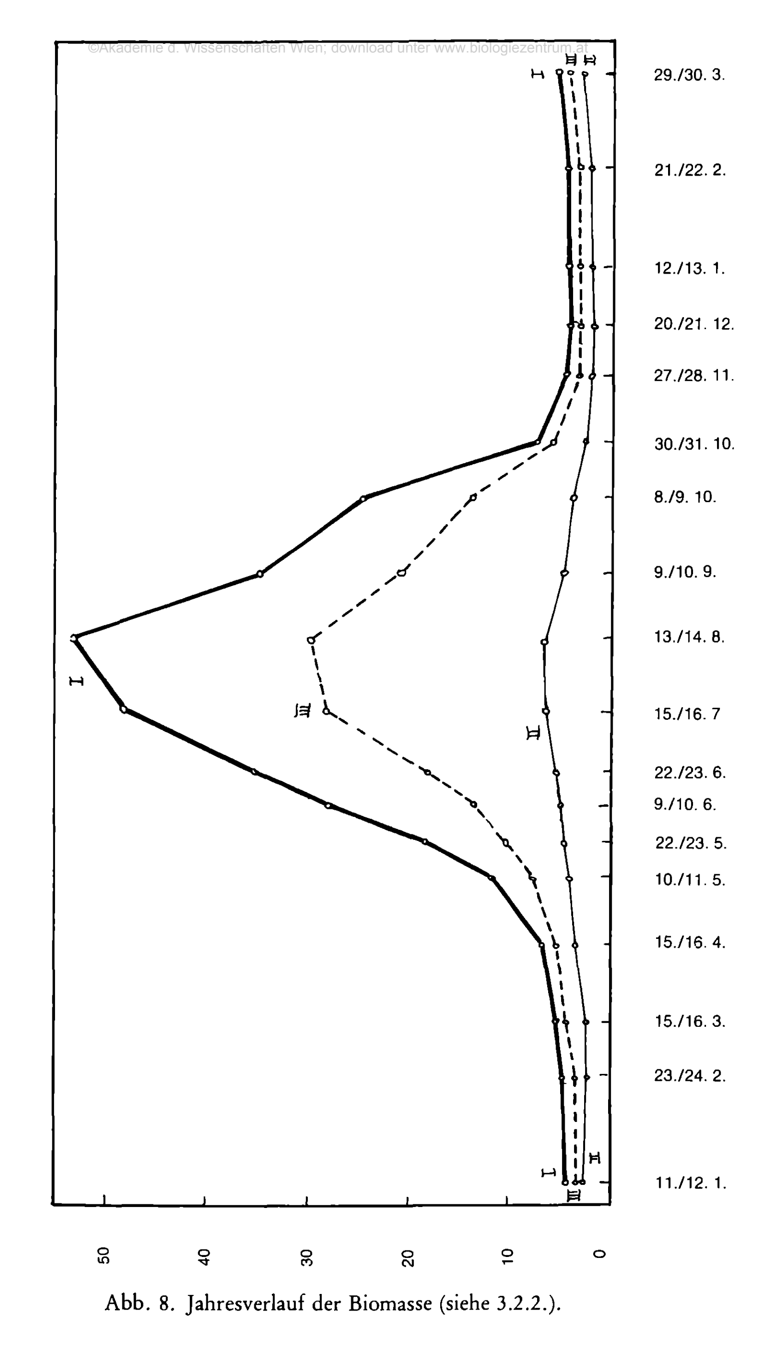


Abb. 8. Jahresverlauf der Biomasse (siehe 3.2.2.).

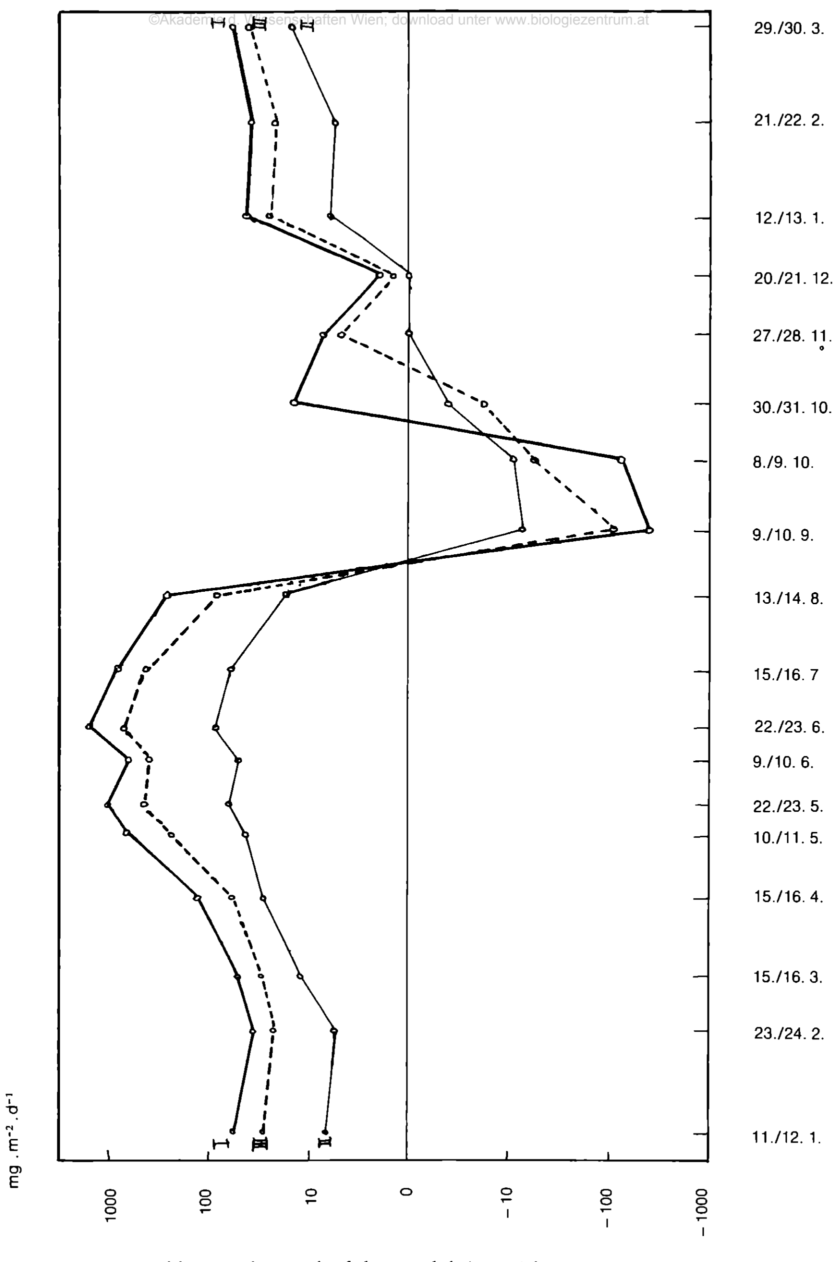


Abb. 9. Jahresverlauf der Produktion (siehe 3.2.2.).

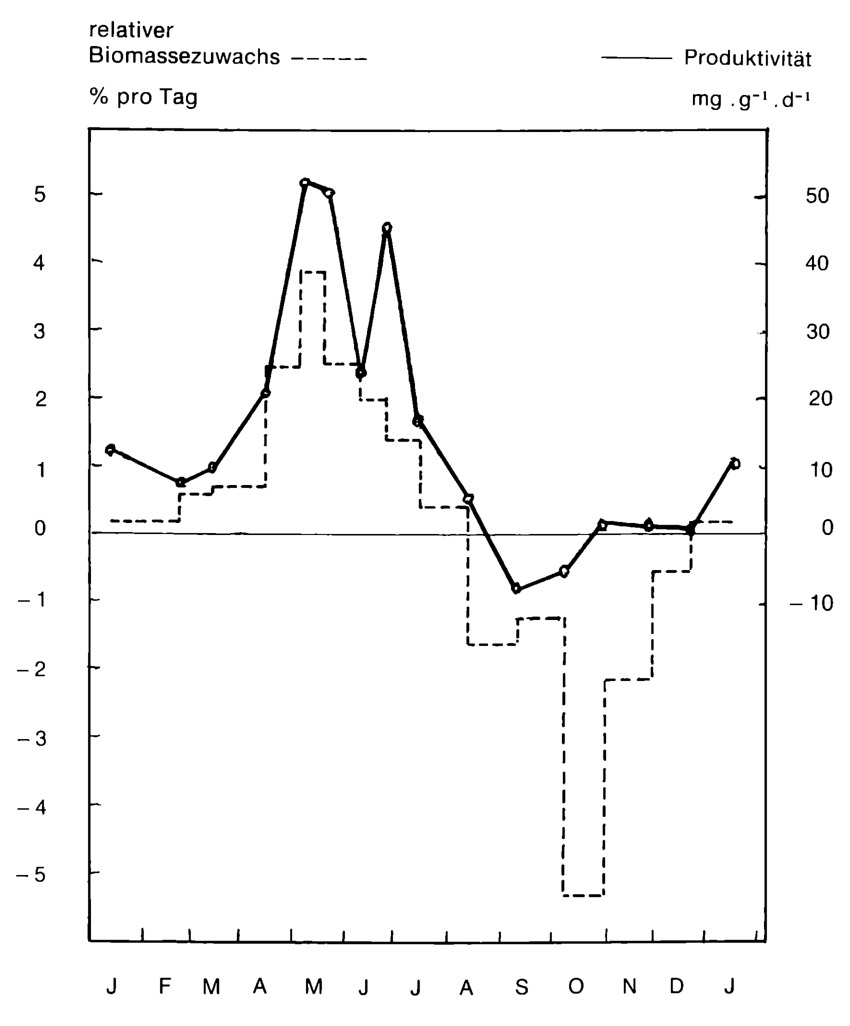


Abb. 10. Produktivität und relativer Biomassezuwachs (siehe 3.2.2.).

relevanten meteorologischen Daten sind in erster Linie die Lichteinstrahlung und die Wassertemperatur. Da die Lichteinstrahlung selbst nicht gemessen wurde, müssen hiefür die Angaben über Bewölkungsdichte herangezogen werden, die ich von der Zentralanstalt für Meteo-

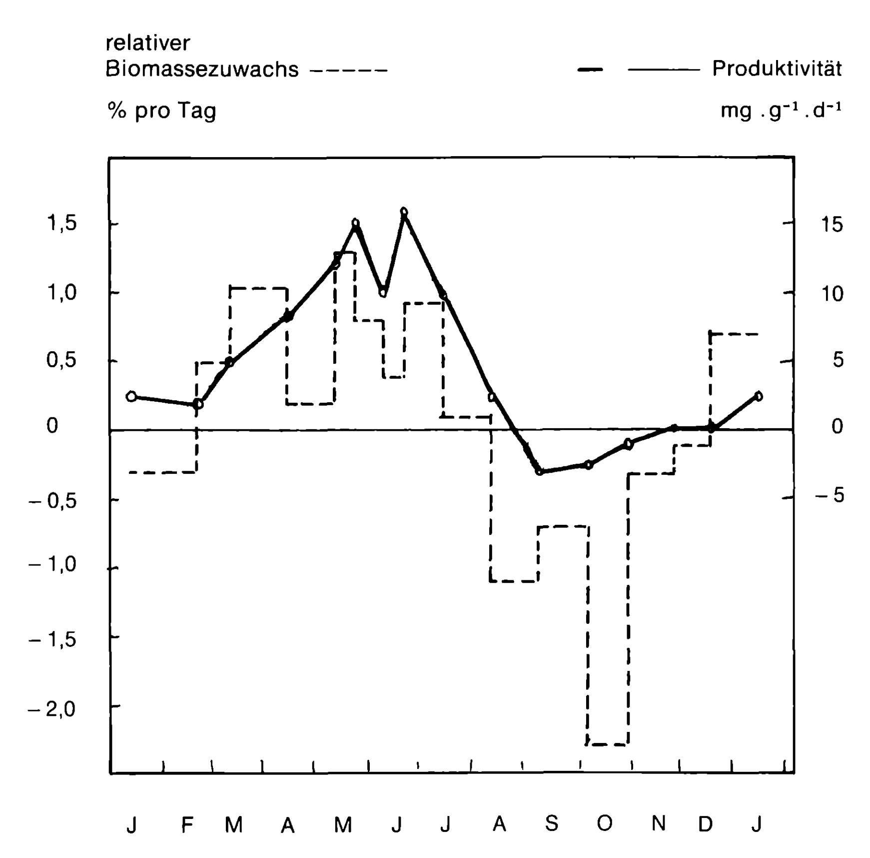


Abb. 11. Produktivität und relativer Biomassezuwachs (siehe 3.2.2.).

rologie und Geodynamik erhielt. Die Werte der Wassertemperatur für die Zeit zwischen den Versuchstagen stehen mir leider nicht zur Verfügung; es lassen sich jedoch aus den Lufttemperaturwerten Schlüsse ziehen, ob es zu starken Schwankungen der Wassertemperatur gekommen ist oder nicht, da wegen der geringen Tiefe die Wassertemperatur der Lufttemperatur sehr schnell folgt.

In Tab. 4 werden der Durchschnitt der Bewölkungsdichte an den Versuchstagen und der Durchschnitt der Bewölkungsdichte des ganzen Zeitabschnittes vom Beginn eines Versuchstermins bis zum Ende des nächsten gegenübergestellt.

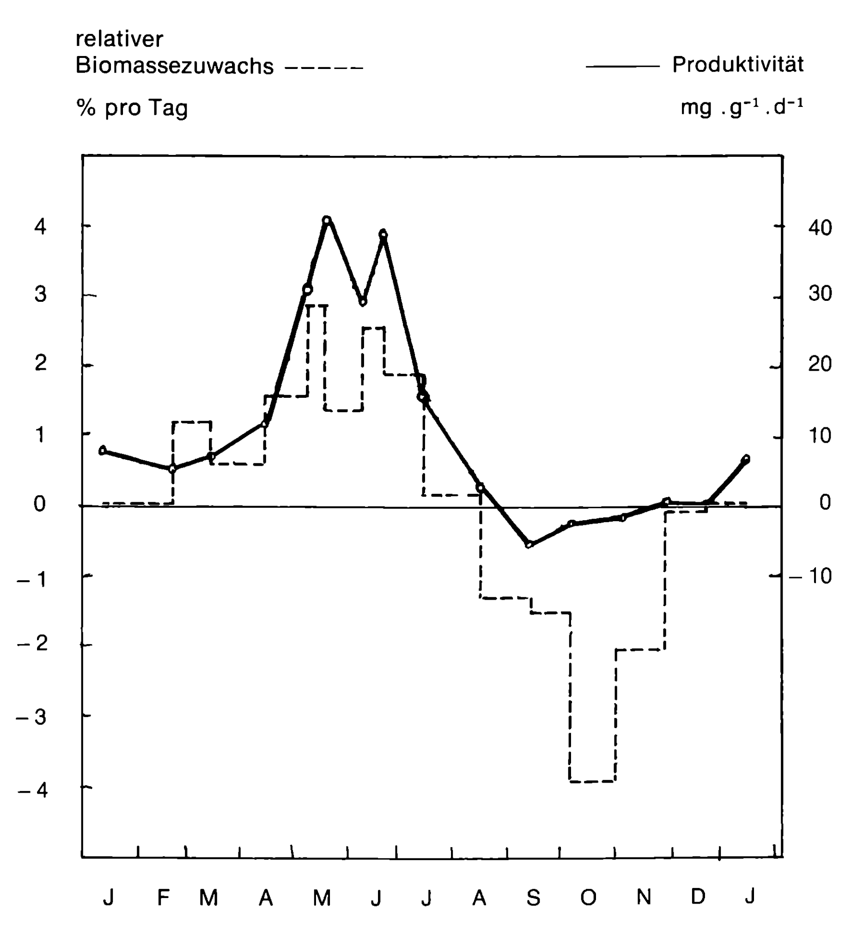


Abb. 12. Produktivität und relativer Biomassezuwachs (siehe 3.2.2.).

Ob die Wassertemperatur an den Versuchstagen repräsentativ war, läßt sich von den Lufttemperaturwerten nur indirekt ablesen. Längere Perioden, in denen die Lufttemperatur über dem Maximum der Versuchstage am Anfang und am Ende des jeweiligen Abschnitts lag, lassen eine gewisse Unterschätzung der Produktion vermuten; Perioden, in denen die Temperatur unter dem Minimum lag, eine gewisse Überschätzung. Solche Perioden lagen vor:

im Abschnitt	
11./12. 1. bis 23./24. 2.	19. 1. bis 30. 1. Lufttemperaturmittel 4,3° C (maximale Wassertemperatur der Versuchstage 3° C am 12. 1.)
23./24. 2. bis 15./16. 3.	4. 3. bis 13. 3. Lufttemperaturmittel 10,2° C (maximale Wassertemperatur der Versuchstage 9,2° C am 15. 3.)
15./16. 3. bis 15./16. 4.	22. 3. bis 25. 3. Lufttemperaturmittel 2,6° C (minimale Wassertemperatur der Versuchstage 8,3° C am 15. 4.)
15./16. 7 bis 13./14. 8.	28. 7. bis 3. 8. Lufttemperaturmittel 16,9° C (minimale Wassertemperatur der Versuchstage 21,9° C am 15. 7.)
27./28. 11. bis 21./22. 12.	30. 11. bis 11. 12. Lufttemperaturmittel 3,8° C (an allen Versuchstagen war der See mit Eis bedeckt)

Auf Grund der angegebenen meteorologischen Daten lassen sich für folgende Abschnitte größere Fehleinschätzungen der Produktion vermuten, wenn man die oben angegebene Formel zur Produktionsberechnung verwendet:

Überschätzung: 11./12. 1. bis 23./24. 2.
15./16. 3. bis 15./16. 4.
15./16. 7. bis 13./14. 8.
13./14. 8. bis 9./10. 9.

Unterschätzung: 10./11. 5. bis 22./23. 5.
22./23. 5. bis 9./10. 6.

Tabelle 4. Durchschnitt der Bewölkungsdichte an den Versuchstagen und Durchschnitt der Bewölkungsdichte in den Abschnitten von einem Versuchstermin bis zum nächsten; angegeben in Zehntel.

	Versuchstage	gesamter Zeitabschnitt
11./12. 1. bis 23./24. 2.	1,4	5,5
23./24. 2. bis 15./16. 3.	5,3	4,9
15./16. 3. bis 15./16. 4.	8,3	8,0
15./16. 4. bis 10./11. 5.	5,3	4,9
10./11. 5. bis 22./23. 5.	6,1	3,8
22./23. 5. bis 9./10. 6.	9,4	7,6
9./10. 6. bis 22./23. 6.	5,9	5,1
22./23. 6. bis 15./16. 7.	4,2	5,2
15./16. 7. bis 13./14. 8.	4,7	4,7
13./14. 8. bis 9./10. 9.	3,8	5,6
9./10. 9. bis 8./9. 10.	4,2	4,3
8./9. 10. bis 30./31. 10.	7,3	6,8
30./31. 10. bis 27./28. 11.	7,4	7,9
27./28. 11. bis 20./21. 12.	5,9	7,1
20./21. 12. bis 12./13. 1.	7,2	7,1
Jahr 1975	5,76	5,96

Nimmt man einmal für die unterschätzten Abschnitte eine um 50 % größere Produktion und dann für die überschätzten Abschnitte eine um 50 % kleinere Produktion an (beide Annahmen sind sicherlich übertrieben), ergäben sich folgende Änderungen der Werte für die Jahresproduktion:

Position I: statt 96,51 $g.m^{-2}.y^{-1}$ 85,99 (−11 %)
bzw. 109,41 (+13,4 %)
Position II: statt 7,35 $g.m^{-2}.y^{-1}$ 6,25 (−15 %)
bzw. 8,21 (+11,7 %)
Position III: statt 46,15 $g.m^{-2}.y^{-1}$ 40,70 (−11,8 %)
bzw. 52,04 (+12,7 %)

Diese Abweichungen liegen durchaus noch im Streubereich der verschiedenen Einzelmessungen innerhalb einer Position. Es kann daher geschlossen werden, daß die nach der oben angegebenen Formel berechnete Jahresproduktion einigermaßen zutreffend ist, wenn auch die Produktion einzelner Abschnitte über- bzw. unterschätzt wurde.

Tabelle 5. Jahresproduktion vom 11./12. 1. 1975 bis zum 12./13. 1. 1976.

Position	I	II	III
Jahresproduktion pro Substratoberfläche $g\ m^{-2}.y^{-1}$	96,51	7,35	46,15
durchschnittliche Tagesproduktion pro Substratoberfläche $g\ m^{-2}.d^{-1}$	0,264	0,020	0,126
Jahresproduktion pro Wasserfläche $g\ m^{-2}.y^{-1}$	10,29	0,784	14,25

4. Diskussion

Probleme der Schätzung der Periphytonproduktion im gesamten Schilfgürtel

Sieht man einmal von der Frage ab, ob und in welchem Ausmaß die in Rust/See gewonnenen Produktionswerte für andere Teile des Schilfgürtels repräsentativ sind, setzt die Schätzung der Gesamtproduktion die Beantwortung von 2 Fragen voraus:

1. Durchschnittliche Schilfdichte:

BURIAN (1973) und SIEGHARDT (1973) geben zwischen 64 und 90 neue Halme pro Jahr und m^2 an. An den Standorten dieser Arbeit betrug der Anteil der abgestorbenen Halme 70–80 %.

Damit ergibt sich eine durchschnittliche Schilfdichte zwischen 210 und 450 Halmen pro m^2. Innerhalb dieses Bereichs liegt der Standort E der in Abschnitt 4.2.1. dargestellten Untersuchung (280 Halme . m^{-2}). Die Produktion pro m^2 Wasserfläche betrug am 16./17. Juli 58,3 % der Produktion des Standorts D (identisch mit Position III des Abschnitts 3.2.2.). Wie aus dem Vergleich der Standorte B (= Position I) und D entnommen werden kann, sind die Relationen vom 16./17. Juli für die Jahresproduktion repräsentativ. Die Jahresproduktion des Standortes E kann daher auf 8,3 g pro m^2 Wasserfläche in der Tiefenschicht von 5 bis 15 cm geschätzt werden. Da der Standort E von allen untersuchten Standorten den dichtesten Schilfbewuchs aufwies, ist keine zuverlässige Aussage möglich, sollte die durchschnittliche Schilfdichte höher als am Standort E sein, abgesehen davon, daß die Produktion mit Sicherheit niedriger wäre. Andererseits muß auch damit gerechnet werden, daß an allen Rändern von Kanälen und anderen schilffreien Flächen, am seeseitigen Schilfrand und an allen Stellen geringerer Dichte (nur wenn diese unter 30–35 Halme.m^{-2} sinkt, wird die Produktion pro m^2 Wasserfläche niedriger als am Standort E) die Produktion höher ist. Berücksichtigt man alle diese Einwände, scheint es gerechtfertigt, die Jahresproduktion pro m^2 Wasserfläche in der Tiefenschicht von 5 bis 15 cm mit 5–10 g.m^{-2}.y^{-1} anzunehmen.

2. Wassertiefe im Schilfgürtel:

Anhaltspunkte über die Veränderung der Produktion mit der Tiefe kann man dem Vergleich der Positionen I und II (beide Standort B, Tiefe 0–15 cm und 25–35 cm) entnehmen. Nimmt man an, daß in den obersten 5 cm dieselbe Produktion pro Substratoberfläche herrscht wie in der 5–15 cm-Schicht und daß die Produktion der 15–25 cm-Schicht dem Mittel aus der Produktion der 5–15- und der 25–35 cm-Schicht entspricht (beide Annahmen scheinen durch Biomassevergleiche gerechtfertigt) und überträgt man diese Relationen auf den durchschnittlichen Schilfgürtel –m^2, so ergeben sich folgende Werte für die Gesamtproduktion des Periphytons:

Tiefe cm	Produktion g m^{-2}. y^{-1}
0– 5	2,5– 5
0–10	5 –10
0–15	7,5–15
0–25	10,3–20,6
0–35	10,5–21

Zur Berechnung der Gesamtproduktion im Schilfgürtel wäre es nun nötig, zu wissen, wie groß die Flächen der verschiedenen Tiefenschichten im Schilfgürtel sind. Eine zusätzliche Komplikation sind hier die Pegelschwankungen.

5. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung der Produktion des Periphytons im Schilfgürtel des Neusiedler Sees. An 3 verschiedenen Positionen im Schilfgürtel bei Rust am See wurden vom Jänner 1975 bis zum März 1976 Sauerstoffproduktion und Biomasse bestimmt. Die Sauerstoffwerte wurden auf $C_6H_{12}O_6$ umgerechnet. Diese Untersuchungen ergaben folgende Resultate:

1. An allen 3 Positionen bewegte sich die Produktion vom Jänner bis zum März auf einem niedrigen Niveau (bei der Position I und III, beide in 5–15 cm Tiefe, ca. $1/46$ bis $1/24$ des Jahresmaximums, bei der Position II in 25–35 cm Tiefe ca. $1/15$ bis $1/6$ des Jahresmaximums). Danach stieg die Produktion bis zum Sommeranfang stark an und erreichte im Juli das Maximum. Im August war bereits ein starkes Absinken zu verzeichnen. Im Herbst wurden negative Werte gemessen, im November und Dezember bereits wieder äußerst geringe positive Werte (weniger als $1/140$ des Jahresmaximums).
2. Der Jahresverlauf der Biomasse entsprach im wesentlichen dem der Produktion, doch wurde das Maximum erst einen Monat später, nämlich im August erreicht. In den Monaten September und Oktober kam es zu einem sehr raschen Absinken der Biomasse. In den Monaten November bis Februar schwankte die Biomasse nur ganz wenig. Das Jahresmaximum betrug für die Position I (Schilfdichte 47,8 Halme. m^{-2} 5–15 cm Tiefe) 58,9 g Trockengewicht m^{-2} Substratoberfläche für die Position II (47,8 Halme.m^{-2}, 25–35 cm Tiefe) 6,8 g.m^{-2} und für die Position III (169,5 Halme.m^{-2}, 5–15 cm Tiefe) 29,8 g.m^{-2}. Die Winterwerte betrugen für die Position I 4–5 g.m^{-2}, für die Position II um 2,5 g.m^{-2} und für die Position III um 3,5 g.m^{-2}.
3. Die Produktivität erreichte ihr Maximum in den Monaten Mai und Juni:
   Position I: 56,8 mg.g^{-1}. d^{-1} am 10./11. 5.
   Position II: 16,0 mg.g^{-1}. d^{-1} am 22./23. 6.
   Position III: 41,5 mg.g^{-1}. d^{-1} am 22./23. 5.
4. Die Jahresproduktion des Jahres 1975 betrug:

Bezogen auf	Substratoberfläche	Wasserfläche
Position I	96,51 g.m^{-2}.y^{-1}	10,29 g.m^{-2}. y^{-1}
Position II	7,35 g.m^{-2}. y^{-1}	0,78 g.m^{-2} y^{-1}
Position III	46,15 g.m^{-2}. y^{-1}	14,25 g.m^{-2}. y^{-1}

Durch vorbereitenden und ergänzende Untersuchungen konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

5. Bis zu Monat Juli sind Produktion und Biomasse des Periphytons auf toten Schilfhalmen höher als auf lebenden, während die Produktivität auf letzteren höher ist.
6. Beim Vergleich von Standorten unterschiedlicher Schilfdichte konnten folgende Zusammenhänge festgestellt werden:
   a) Produktion und Biomasse bezogen auf Substratoberfläche sinken mit steigender Schilfdichte.
   b) Produktion und Biomasse bezogen auf Wasserfläche steigen bis zu einer optimalen Schilfdichte (die etwas unterhalb der durchschnittlichen Dichte des Schilfgürtels lag) an, um danach wieder zu sinken.
   c) Die Produktivität sinkt mit steigender Schilfdichte.

Die dargestellten Untersuchungen waren Gegenstand einer Dissertation an der Universität Wien. Mein Dank gilt Herrn Prof. Burian für die Stellung des Themas und Frau Prof. Kusel-Fetzmann für die Unterstützung durch wertvolle Hinweise und Ratschläge. Dem Burgenländischen Landesmuseum danke ich für die Zurverfügungstellung eines Arbeitsraumes und eines Bootes und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für die Überlassung meteorologischer Daten.

Literatur

Assman, A. V 1951: Rol vodoroslavykh obstranii v obrazovanii organicheskogo veshchestva v Glubokom ozere (russisch, Rolle d. Aufwuchsalgen bei d. Prod. org. Substanzen im Glubokoje-See). Trudy vsesoyuz. gidrobiol. Obshch. 5, 138–151.

— 1953: Rol vodoroslevykh obrastanii v obrazovanii organicheskogo veshchestva v vodoeme. Dol. Akad. Nauk. SSR. 76, 905–908.

Burian, K., 1967: Herbstliche Gaswechselbilanz im Schilfbestand des Neusiedler Sees. Anz. math. nat. Kl. Öst. Akad. Wiss. 14, 278–282.

— 1969: Die photosynthetische Aktivität eines Phragmites communis-Bestandes am Neusiedler See. Sitzber. Österr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 178, 43–62.

— 1971: Primary production, carbone dioxide exchange and transpiration in Phragmites communis Trin. on the Lake Neusiedler See, Austria (Report of an IBP-Teamwork) Hidrobiologia t. 12 p. 203–218 Bucuresti.

— 1972: Der CO_2-Gaswechsel von Phragmites communis. Oecol. Plant.

— 1973: Phragmites communis im Röhricht des Neusiedler Sees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch. In: Ellenberg, H. Ökosystemforschung.

DOKULIL, M., 1973 a: Planctonic primary production within the phragmites community of lake Neusiedler See (Austria). Pol. Arch. Hydrobiol. 20, 175–180.

— 1973 b: Zur Steuerung der planktischen Primärproduktion durch die Schwebestoffe. In: ELLENBERG, H. Ökosystemforschung, 109–110.

— 1974: Der Neusiedler See (Österreich). Ber. Naturhist. Ges. Hannover 118, 205–211.

— 1975 a: Planctonic primary and bacterical productivity in shallow waters within a large Phragmites community (Neusiedler See, Austria). Verh. int. Ver. Limnol. 19, 1295–1304.

— 1975 b: Horizontal- und Vertikalgradienten in einem Flachsee (Neusiedler See, Österreich). Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Wien 1975, 177–187.

— 1975 c: Bacteria in the water and mud of Neusiedler See (Austria). Symp. Biol. Hung. 15, 135–140.

FOGG, G. E., 1958: Extracellular products pf phytoplancton and the estimation of primary production. J. conseil., cons. permanent inter. exploration mer. Rappts. et pro. verb. 144, 50–69.

— 1969: Oxygen versus ^{14}C methodology. In: VOLLENWEIDER, R. A. IBP-Handbook 12, 76–78.

— and WATT, W. D., 1965: The kinetics of release of ectracellular products of photosynthesis by phytoplancton. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Suppl. 18, 165–174.

GEISSELHOFER, M. & BURIAN, K., 1970: Biometrische Untersuchungen im geschlossenen Schilfbestand des Neusiedler Sees. Oikos, 248–254.

GEITLER, R., 1970: Beiträge zur epiphytischen Algenflora des Neusiedler Sees. Öster. Bot. Z. 118, 17–29.

GESSNER, F., 1964: Der Chlorophyllgehalt der Seen als Ausdruck ihrer Produktivität. Archiv f. Hydrobiol. 40, 687–732.

HÜBL, E., 1966: Stoffproduktion von Phragmites communis Trin. im Schilfgürtel des Neusiedler Sees im Jahre 1966 (Ergebnisse nach der Erntemethode). Anz. math. nat. Kl. Öst. Akad. Wiss. 14, 271–278.

HUSTEDT, F., 1959: Die Diatomeenflora des Neusiedler Sees im österr. Burgenland. Öst. Bot. Z. 106, 390–430.

KREJCI, G., 1974: Jahresperiodische Stoffwechselschwankungen bei Phragmites communis Trin. Phil. Diss. Univ. Wien.

KUSEL-FETZMANN, E., 1974: Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Neusiedler Sees I, Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 183, 5–28.

LÖFFLER, H., 1974: Der Neusiedler See. Naturgeschichte eines Steppensees. Molden.

LOUB, W., 1955: Algenbiocönosen des Neusiedler Sees. Sitzber. Öster. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl. Abt. I, 154, 81–107.

LUND, J. W. G. & TALLING, J. F., 1957: Botanical limnological methods with special reference to the Algae, Bot. Rev. 13, 489–583.

MACIOLEK, J. A., 1962: Limnological organic analysis by quantitative dichromate oxidation. Res. Rep. U. S. Fish. Wil. Serv. 60–61.

— & KENNEDY, H. D., 1964: Spatial variation in periphyton production in a mountain lake at fall overturn. Verh. int. Ver. Limnol. 15, 386–393.

MAIER, R., 1973: Aspects of production of Utricularia vulgaris L in some vegetation types in the reed belt of lake Neusiedler See, Pol. Arch. Hydrobiol. 20, 1, 169–174.

— 1973: Produktions- und Pigmentanalysen an Utricularia vulgaris L. In: ELLENBERG, H. Okosystemforschung, 87–101.

— 1973: Wirkung von Trockenheit auf den Austrieb von Turrionen von Utricularia vulgaris L. Öster. Bot. Z. 122, 15–20.

— 1973: Das Austreiben der Turrionen von Utricularia vulgaris L. nach verschieden langen Perioden der Austrocknung. Flora, Bd. 162, 269–283.

NEUHUBER, F., 1971: Ein Beitrag zum Chemismus des Neusiedler Sees. Sitzber. Österr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 179, 225–231.

PANTOCSEK, J., 1912: A fertö to kovamoszat viranya (Bacillariae lacus peisonis) Preßburg.

PANTOSCH, K., 1973: Das Lichtklima des Neusiedler Sees. Phil. Diss. Univ. Wien.

PIECZYNSKA, E., 1965: Variations in primary production of plancton and periphyton in the litoral zone of lakes. Bull. Acad. Polon. Science. Cl. II Ser. d. sc. biol. 13, 219–225.

— 1968: Dependence of primary production of Periphyton upon the substrate area suitable for colonisation. Bull. Acad. Polon. Science. Cl. II Ser. sc. biol. 16, 165–168.

RUTTNER-KOLISKO, A. & RUTTNER, F., 1959: Der Neusiedler See. Wiss. Arb. Burgenland 23, 195–202.

SAUNDERS, G. W., 1957: Interrelations of dissolved organic matter and phytoplancton. Bot. Rev. 23, 339–409.

SCHIEMER, F., LÖFFLER, H. & DOLLFUSS, H., 1959: The benthic communities of Neusiedler See (Austria). Verh. int. Ver. Limnol. 17, 201–208.

— & WEISSER, P., 1972: Die Verteilung der submersen Makrophyten in der schilffreien Zone des Neusiedler Sees. Sitzber. Öster. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 180, 87–97.

SIEGHARDT, H., 1973 a: Utilization of solar energy and energy content of different organs of Phragmites communis Trin. Pol. Arch. Hydrobiol. 20, 1, 151–156.

— 1973 b: Strahlungsnutzung von Phragmites communis. In: ELLENBERG, H. Ökosystemforschung, 79–86.

— 1974: Kalorimetrische Untersuchungen zum Energiehaushalt von Phragmites communis Trin. Phil. Diss. Univ. Wien.

SCHMID, A., 1973: Beitäge zur Ökologie einiger Neusiedler See-Diatomeen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Salzresistenz. Phil. Diss. Univ. Wien.

SLADEČEKOVA, A., 1962: Limnological investigation methods for the Periphyton community. Bot. Rev. 28, 287–330.

SLADEČEK, V. & SLADEČEKOVA, A., 1964: Determination of Periphyton production by Means of a Glass Slide Method. Hydrobiologia 28, 125–158.

SOMMER, U., 1976: Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Periphytonproduktion und Schilfdichte. Sitzber. Österr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 185, 249–258.

STEINHAUSER, F., 1970: Kleinklimatische Untersuchung der Windverhältnisse am Neusiedler See. 1. Teil: Die Windrichtungen. Idöjaras 74, 76–88.

STEHLIK, A., 1972: Chemische Topographie des Neusiedler Sees. Sitzber. Österr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Abt. I, 180, 217–278.

TUSCHL, P., 1970: Transpiration von Phragmites communis im geschlossenen Bestand des Neusiedler Sees. Wiss. Arb. Burgenl. 44, 126–186.

VOLLENWEIDER, R. A., 1969: Primary production in aquatic environments. TBP-Handbook No. 12.

WEISSER, 1973: Die Verschilfung des Neusiedler Sees. Umschau 73, 14, 440–441.

WETZEL, R. G., 1964: A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton in a large, shallow lake. Int. Revue ges. Hydrobiologie 49, 1–61.

— 1965: Techniques and problems of primary production measurements in higher aquatic plants and periphyton. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Suppl. 18, 249–267.

— & WESTLAKE, 1969: Periphyton. In: VOLLENWEIDER, IBP-Handbook 12, 33–40.